

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-39810

(P2002-39810A)

(43) 公開日 平成14年2月6日(2002.2.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード(参考)
G 0 1 D 21/00		G 0 1 D 21/00	D 2 F 0 7 6
G 0 1 N 27/00		G 0 1 N 27/00	L 2 G 0 6 0

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-223057(P2000-223057)

(22) 出願日 平成12年7月24日(2000.7.24)

(71) 出願人 000228132

日本エルエスアイカード株式会社

大阪市浪速区日本橋5丁目1番19号

(71) 出願人 000002299

清水建設株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番3号

(72) 発明者 大木 信二

大阪府松原市南新町1丁目12番25-609号

(72) 発明者 木村 真琴

大阪府吹田市藤白台4丁目32-6

(74) 代理人 100074561

弁理士 柳野 隆生

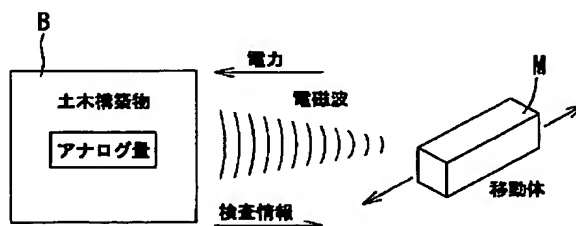
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 土木・建設構造物の状態検査方法及びそのシステム並びにそれに用いるセンサー一体型デバイス

(57) 【要約】

【課題】 検査に際して足場を組む等の面倒な作業が不要で、しかも、構造物表面だけでなく内部の状態も検査することができ、更に目視確認できない微かな異変や化学的状态変化も見逃すことなく確実に検出できる土木・建設構造物の状態検査方法とそのシステムを提供せんとするものである。

【解決手段】 土木・建設構造物Bに、当該土木・建設構造物各部が有するアナログ的状态量を検出する機能センサを検査対象領域全域にわたって複数個埋め込み、当該機能センサが検出した状態量に各センサを区別する識別IDを付加してなる検査情報を移動体Mから照射する電磁波を電力源にして移動体Mに向かって送信し、非接触で移動体Mに収集した検査情報を解析することで土木・建設構造物各部が有する状態を検査することを特徴としている。



(2) 開2002-39810(P2002-398JL)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 土木・建設構造物に、当該土木・建設構造物各部が有するアナログ的狀態量を検出する機能センサを検査対象領域全域にわたって複数個埋め込み、移動体から照射する電磁波を電力源として移動体に非接触で電力を供給し、前記機能センサが検出した狀態量に各センサを区別するIDを付加した検査情報を、非接触で移動体に収集し解析することで土木・建設構造物各部が有する狀態を検査することを特徴とする土木・建設構造物の狀態検査方法。

【請求項2】 土木・建設構造物の検査対象領域全域にわたって複数個埋設され、当該土木・建設構造物各部が有するアナログ的狀態量を検出する機能センサ群と、これら機能センサ群のそれぞれの出力信号を当該土木・建設構造物の特定箇所に集合させる信号集合手段と、土木・建設構造物の特定箇所に設置される装置であって、前記機能センサ群を構成するセンサそれぞれの出力信号をデジタル信号化する手段を備え、これら信号に信号発生源である機能センサを特定するIDを付加した検査情報を電磁波に乗せて送信する手段と、これら手段の駆動電力の一部または全部を移動体から照射される電磁波から得る手段とを備えさせた集合送信デバイスと、前記集合送信デバイスに対して移動自在であり、電磁波を照射して集合送信デバイスに非接触で電力を供給する手段を備えたとともに、前記集合送信デバイスが送信する土木・建設構造物各部に関する検査情報を非接触で受け取る手段とを備えた移動体と、前記移動体に収集された検査情報を解析する解析手段と、よりなる土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項3】 土木・建設構造物が有するアナログ的狀態量を検出する機能センサと、当該機能センサの出力信号をデジタル信号化する手段と、信号発生源である機能センサを特定するIDを付加する手段と、前記デジタル信号化された機能センサの出力信号と前記IDとを含む検査情報を電磁波に乗せて送信する手段と、これら手段の駆動電力の一部または全部を移動体から照射される電磁波から得る手段とを一体化したセンサー体型デバイスを検査対象領域全域にわたって複数個埋設してなるセンサー体型デバイス群と、前記センサー体型デバイスのそれぞれに対して移動自在であり、電磁波を照射してこれらセンサー体型デバイスのそれぞれに非接触で電力を供給する手段を備えたとともに、センサー体型デバイスのそれぞれが送信する土木・建設構造物各部に関する検査情報を非接触で受け取る手段とを備えた移動体と、前記移動体に収集された検査情報を解析する解析手段と、よりなる土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項4】 センサー体型デバイスはリング状であ

り、その穴部に土木・建設構造物の構成素材を貫通させた状態で構造物に埋設される請求項3記載の土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項5】 センサー体型デバイスは、土木・建設構造物の構成素材に対して異物として機能しない外形形状及び表面性状を有する請求項3又は4記載の土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項6】 移動体または解析手段に機能センサのIDと埋設位置との関係を示すマップ情報を保有させた請求項2又は3記載の土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項7】 機能センサの出力信号を常時監視して狀態量のピーク値の履歴情報を記録する手段を集合送信デバイスに設けた請求項2記載の土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項8】 機能センサの出力信号を常時監視して狀態量のピーク値の履歴情報を記録する手段をセンサー体型デバイスに設けた請求項3記載の土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項9】 土木・建設構造物がトンネルであり、移動体がこのトンネル内を走行するデータ収集機能を有する車両である請求項2～8のいずれか1項に記載の土木・建設構造物の狀態検査システム。

【請求項10】 請求項3記載の土木・建設構造物の狀態検査システムに用いるセンサー体型デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はトンネルや橋梁、更にはビルディングなどの土木・建設構造物の物理的・化学的狀態を非破壊検査する方法とそのシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】トンネルや橋梁等の土木構造物やビルディング等の建設構造物などのコンクリート構造物に発生する亀裂やその他狀態変化を検査して、構造物の劣化状況や危険度合いを特定し、これらに対する対策を講ずることは安全上、極めて重要な事柄である。従来、これら検査は、そのほとんどが目視検査により行われている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら目視による検査では、例えばトンネルや橋梁などの高所を対象とした検査の場合、足場を組む必要があり、足場の組立及び解体という面倒な作業が必要になるうえに、交通規制が必要になる場合もある。また足場を組むなどの事前準備が必要であるため、検査に日数を要し、必要に応じて迅速に検査を実行できないという問題もある。また目視による検査は構造物表面の検査にすぎず、しかもそれは目視確認できるもののみを対象としたものにすぎないため、構造物深部で進行している劣化や目視確認できないような微かな変化、更には化学的な狀態変化などは捉え

(3) 開2002-39810 (P2002-398JL)

ることはできない。

【0004】本発明は、かかる現況に鑑みてなされたものであり、検査に際して足場を組む等の面倒な作業が不要で、しかも、構造物表面だけでなく内部の状態も検査することができ、更に目視確認できない微かな異変や化学的状態変化も見逃すことなく確実に検出できる土木・建設構造物の状態検査方法とそのシステムを提供せんとするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者は前記課題を解決すべく鋭意検討した結果、土木・建設構造物に機能センサを複数個埋め込み、これら機能センサによって捉えられる構造物各部が内包するアナログ的状態量を検出し、この検出結果を電磁波に乗せて非接触で移動体に収集して解析することとすれば、土木・建設構造物内部の状態を非破壊で検査できると考えた。そして、この機能センサが検出した信号を移動体に送信するために必要となる電力の一部または全部を、移動体側から照射される電磁波から得ることとすれば、構造物設置側装置の電池交換を全く不要にでき、メンテナンス性に優れた検査システムを構築できると着想した。そして更に、機能センサから収集される信号のそれぞれに、その信号発生源である機能センサのIDを付加することで、収集された検査情報それぞれの取得箇所を特定できると考えた。

【0006】このような着想に基づいて完成された本発明の土木・建設構造物の状態検査方法は、土木・建設構造物に、当該土木・建設構造物各部が有するアナログ的状態量を検出する機能センサを検査対象領域全域にわたって複数個埋め込み、移動体から照射する電磁波を電力源として移動体に非接触で電力を供給し、前記機能センサが検出した状態量に各センサを区別するIDを付加した検査情報を、非接触で移動体に収集し解析することで土木・建設構造物各部が有する状態を検査することを特徴としている。このような検査方法によれば、機能センサは構造物に埋め込まれ、しかも各センサから送られてくる信号にはIDが付されているので、構造物深部の情報を位置情報を伴って得ることができ、また情報の収集は非接触で行われるので、端子等の接続は不要であり、しかも検査情報送信側設備（構造物設置側設備）は移動体から照射される電磁波から電力を得るため、電池交換の必要もない。

【0007】このような考え方にに基づき提案される土木・建設構造物の状態検査システムは、大きく分けて次の二種類に大別できる。これら二種類は、構造物側に設置される検査情報送信側設備の形態の相違により区別される。

【0008】先ず第1は、複数の機能センサを検査対象領域に埋め込んで、これらから導出される出力信号を土木・建設構造物の特定箇所に集め、当該箇所に設けた集合送信デバイスを通じてこれら信号を移動体に受け渡す

というものであり、第2は機能センサと信号処理回路や送信回路を一体化したコンパクトなセンサー一体型デバイスを作製し、これらを検査対象領域全域に複数個埋設して、移動体はこれらセンサー一体型デバイスとの間で情報授受を直接行うというものである。

【0009】前記第1の検査システムは、土木・建設構造物の検査対象領域全域にわたって複数個埋設され、当該土木・建設構造物各部が有するアナログ的状態量を検出する機能センサ群と、これら機能センサ群のそれぞれの出力信号を当該土木・建設構造物の特定箇所に集合させる信号集合手段と、土木・建設構造物の特定箇所に設置される装置であって、前記機能センサ群を構成するセンサそれぞれの出力信号をデジタル信号化する手段を備え、これら信号に信号発生源である機能センサを特定するIDを付加した検査情報を電磁波に乗せて送信する手段と、これら手段の駆動電力の一部または全部を移動体から照射される電磁波から得る手段とを備えさせた集合送信デバイスと、前記集合送信デバイスに対して移動自在であり、電磁波を照射して集合送信デバイスに非接触で電力を供給する手段を備えるとともに、前記集合送信デバイスが送信する土木・建設構造物各部に関する検査情報を非接触で受け取る手段とを備えた移動体と、前記移動体に収集された検査情報を解析する解析手段とよりなることを特徴としている。

【0010】また、前記第2の検査システムは、土木・建設構造物が有するアナログ的状態量を検出する機能センサと、当該機能センサの出力信号をデジタル信号化する手段と、信号発生源である機能センサを特定するIDを付加する手段と、前記デジタル信号化された機能センサの出力信号と前記IDとを含む検査情報を電磁波に乗せて送出する手段と、これら手段の駆動電力の一部または全部を移動体から照射される電磁波から得る手段とを一体化したセンサー一体型デバイスを検査対象領域全域にわたって複数個埋設したセンサー一体型デバイス群と、前記センサー一体型デバイスのそれぞれに対して移動自在であり、電磁波を照射してこれらセンサー一体型デバイスのそれぞれに非接触で電力を供給する手段を備えるとともに、センサー一体型デバイスのそれぞれが送信する土木・建設構造物各部に関する検査情報を非接触で受け取る手段とを備えた移動体と、前記移動体に収集された検査情報を解析する解析手段とよりなることを特徴としている。

【0011】構造物に埋め込むセンサー一体型デバイスは構造物素材に対して異物として機能するものであってはならない。異物として機能すると、その存在自体が構造物に亀裂を発生させる原因となる。したがってセンサー一体型デバイスの外形状及び表面性状は土木・建設構造物の構成素材に対して異物として機能しないものを選択する。例えば、センサー一体型デバイスをリング状に構成し、その穴部に土木・建設構造物の構成素材が貫通する

## (4) 開2002-39810(P2002-398JL)

ように構造物に埋設することにより構造物素材との一体性を高めることが好ましい。

【0012】収集したデータをもとに構造物の検査領域各部の状態を特定するために、移動体または解析手段に機能センサを特定するIDとその埋設位置との関係を示すマップ情報を保有させることが好ましい。

【0013】前述したのは、構造物の現時点での状態を検査するものであったが、構造物がどのような状態を経て現在に至っているかを検査することも重要である。この目的を達成するために、センサの出力信号を常時監視して状態量のピーク値の履歴情報を記録する手段を集合送信デバイスやセンサー一体型デバイスに設けることが望まれる。

【0014】本発明の適用例としては多くのものが挙げられるが、例えばトンネル内を走行する車両にデータ収集機能を装備させ、これを移動体となしてトンネル壁体の状態を検査する例などが典型例として挙げられる。

## 【0015】

【発明の実施の形態】次に本発明の詳細を図示した実施例に基づき説明する。図1は本発明の概念を示している。本発明は土木・建設構造物が内包するアナログ状態量を検査情報の形で取り出し、この検査情報を電磁波に乗せて非接触で移動体に収集するものである。そして前記アナログ状態量を検出するために、構造物の検査対象領域全域にわたって機能センサを複数個埋め込み、またこれらセンサから移動体への信号伝達に必要な電力の一部または全部を移動体から照射される電磁波から受け取るようにしたものである。

【0016】本発明の対象となる土木・建設構造物は、トンネルや橋梁、更にはビルなどのコンクリート構造物が主なものであるが、機能センサを埋め込むことができるものであればコンクリート構造物以外のものも除外するものではない。また収集するアナログ状態量は亀裂の発生度合いや構造物の劣化の状態を知るために必要となる状態量であり、具体的には引張力や圧縮力、伸びや歪み、硬さや表面性状などの機械的状態量、導電率、誘電率、磁束密度などの物理的状態量、構成素材の酸性度や塩分量などの化学的状態量、含水量、温度などである。また状態量の概念には現在の状態量とともに状態量の変化値も含むものとする。

【0017】また検査情報を受け取る移動体は、検査情報送信側設備である集合送信デバイスやセンサー一体型デバイスに対して移動するものであって、移動体には検査情報送信側設備に対して電磁波を照射して非接触で電力を供給する手段と、前記送信元装置が送信する検査情報を非接触で受け取る手段とを少なくとも備えさせている。電磁波を照射して非接触で電力を供給する手段とは具体的には、対設するコイル同士を磁気結合して電力を授受するものなどが挙げられる。ここで移動可能に構成している意味は、検査対象領域が広範囲に及ぶ場合、多

数の送信元装置間を次々と移動してこれら装置から検査情報を収集する必要があるためである。このような移動体は、様々な形態をとることができ、前記各手段を自動車や列車などの車両に搭載した形態、ロボットの形態、更には係員が携帯する端末装置の形態などをとることができる。

【0018】機能センサとしてはこれらアナログ状態量を検出する機能を有するものが用いられ、例えば図2(a)に示すように、時間経過に伴い変化する前記状態量を電流値変化として検出するものなどが採用できる。ここでa1, a2, a3として示すピークは一時的に状態変化が生じたものの、その変化量が少なかったためにその後変化前の状態に復旧したことを示し、他方、bとして示すピークは復旧不可能な状態変化、例えば亀裂が生じたことを意味している。構造物の状態を検査するうえでbの状態を検出することは絶対必要であるが、a1, a2, a3の状態の検出は必要である場合とそうでない場合とがある。またbの状態は復旧することはないから現時点での状態量からもbの状態にあることを知ることはできるが、a1, a2, a3の状態は復旧することから、構造物がこれら状態を経て現在に至っていることを知るには履歴を残す必要がある。センサが検出したアナログ量はデジタル量に変換したうえ取り扱うが、このデジタル量への変換は(b)のように多値化する場合と、(c)のように二値化する場合とが考えられる。復旧不可能なbの状態のみを検出して移動体に伝えるだけでよいのであれば二値化すればよいし、a1, a2, a3の状態も履歴情報として移動体に伝えるのであれば多値化する必要がある。

【0019】機能センサとしては、前記状態量、あるいは状態量の変化を電流変化や電圧変化として検出するものが好ましい。より具体的な1例をあげると、図3に示すような炭素繊維を束ねたものなどが挙げられる。このセンサは複数本の炭素繊維11, 11……を束ねたもので、当該センサに作用する引張力によって炭素繊維11, 11……の一部が破断したことを抵抗値変化として捉えて検査箇所が生じた亀裂を検出せんとするものである。尚、検査箇所における状態変化が炭素繊維11, 11……の破断にまで至ることのない小さなものである場合、その状態変化は炭素繊維11, 11……の伸びによる抵抗値増大として検出されることになる。

【0020】このようなセンサSは例えば図5に示すように、トンネル内壁に縦横に配列されて埋設される。隣接するセンサS相互の間隔や埋設深さは検査目的に応じて適宜設定すればよい。センサSが検出した状態量の移動体への伝達の仕方としては、大きく分けて次の2種類がある。

①検査対象部位に縦横に埋め込んだ複数のセンサそれぞれと、土木・建設構造物の特定箇所に配置された信号処理デバイスとの間を電気配線によって結び、センサの出

(5) 開2002-39810(P2002-398JL)

力信号をこれら処理する集合送信デバイスに集めたい。当該集合送信デバイスから移動体に状態量を送る方法。

②センサと信号処理回路並びに送信回路を一体化した小型のセンサー体型デバイスを作製し、このセンサー体型デバイスを検査対象領域全域にわたって縦横に複数個埋め込み、それぞれのセンサー体型デバイスから移動体に状態量を直接送る方法。

【0021】図6は①の方法の概念を示したもので、縦横に埋設したセンサS、S……と集合送信デバイスDとの間を電気配線Lで結び、このデバイスDから電磁波によって移動体Mに向かって状態量に関するデータに乗せた電磁波を送ることを表している。この場合、電気配線Lを這わす手間が必要である代わりに、信号処理デバイスDは埋設する必要がないため大きさに対する制約がなく、付加機能を付与するための追加回路を搭載する空間的余裕を有するとともに、集合送信デバイスDに電池を内蔵させて、この電池を、移動体から供給される電力の補助電源として用いることなどができるなどの利点がある。

【0022】これに対して②の方法の場合は、センサー体型デバイスの小型化及び低価格化を如何に実現するかが課題となるが、電気配線を這わす必要がないという利点を有する。またこの方法では、センサー体型デバイスが土木・建設構造物に対して異物として機能させないことも重要である。この解決策としては、例えば、図7

(a)で示すような外観のセンサー体型デバイスSDが提案される。このセンサー体型デバイスSDは合成樹脂で覆われたリング体であり、表面に粗面加工が施されていたり、凹凸部が設けられたりしている。合成樹脂の素材としては長期間耐久性を有する耐環境性樹脂を用いることが好ましい。また発泡合成樹脂を用いることが構造物構成素材と馴染みやすい点から好ましい。センサー体型デバイスの大きさがあまり大きいと、それ自身が異物となって亀裂の原因となる。そこでセンサー体型デバイスSDの大きさは概ねコンクリート素材に含まれる碎石よりも小さくすることが望まれる。またリング形状としているのは、穴部に土木・建設構造物の構成素材を貫通充填することにより、構成素材との一体性を高めたいためである。リング体は図10(a)に示すように四角形状の外形を有するリング体であってもよいが、角部のない図10(b)(c)に示すような円形状の方が亀裂の発生抑止の点で好ましい。また表面に粗面加工を施したり凹凸部を設けるのも周囲素材との一体性を高めたいためである。

【0023】このようなリング体の内部構造としては例えば図7(b)に示すように、リング状に形成したセンサSと送受信用のアンテナコイルCを半導体回路で構成される信号処理部Pに接続した構成などが採用できる。この場合、センサー体型デバイスSDのリング状の外形

状を利用してセンサS及びアンテナコイルCを配置することができるのでセンサー体型デバイスSDの小型化に貢献できる。センサSをリング状に形成するのではなく、図10(c)に示すようにリング体に帯状となしたセンサSを連設した構成であってもよい。そして図8に示すように、当該センサー体型デバイスSDの埋め込み位置周辺に発生した亀裂CRを前記センサSを変形させる力として検出するものである。図例のものでは亀裂CRはセンサー体型デバイスSDの穴部Hを通過しているので、亀裂幅が拡大するほどセンサー体型デバイスSDのリング形状を楕円化する力が作用することになる。尚、図中STは、コンクリート素材に含まれる碎石であり、センサー体型デバイスSDはこの砂利石STとほぼ同等の大きさか、あるいはそれ以下の大きさに設定する。

【0024】これらセンサー体型デバイスSDから送信される検査情報は、センサー体型デバイスSD間を次々と移動する移動体によって収集される。検査情報の取得動作は対象となるセンサー体型デバイスSDの至近距離でいったん停止して行ってもよいし、また停止することなく連続移動しながら行ってもよい。またいったん停止して情報取得する場合、一定区域内に存在する複数のセンサー体型デバイスSDからの検査情報の取得が完了するたびに次の区域へ移動するようにしてもよい。

【0025】これらセンサー体型デバイスSDから収集される検査情報には、これら検査情報のそれぞれを区別するために、センサSのIDを含ませている。IDとしては、通常、番号で表現されるものを使用するが、互いに区別できるものであれば他の表現形式であってもよい。検査情報がIDを伴っていることによって、その状態量がどのセンサSから出力されたものであるかを特定することができる。そして、このIDとセンサSの配置位置との関係を示すマップ情報を記録したマップデータベースDBを構築して、多数のマップ情報を予め格納しておき、各検査対象領域を検査する際に、該当するマップ情報を取り出して参照することにより、検査対象領域における状態量の分布をコンピューター上に再現できるようにしている。

【0026】図11はセンサー体型デバイスSDを用いた検査システムの代表的構成を示している。このシステムは、土木・建設構造物に埋設された複数のセンサー体型デバイスSDと、これら複数のセンサー体型デバイスSD間を移動して検査情報を収集する移動体Mと、マップデータベースDBとより構成されている。図では1つのセンサー体型デバイスSDしか描いていないが、実際は多数のセンサー体型デバイスSDが土木・建設構造物の検査対象領域全域にわたって縦横にマトリックス状に存在しており、移動体Mはこれら多数のセンサー体型デバイスSDに対して移動可能であり、隣接するセンサー体型デバイスSD間を移動して検査情報を収集する構成

(6) 開2002-39810 (P2002-398JL)

となっている。

【0027】センサー体型デバイスには少なくとも、センサが出力するアナログ信号をデジタル信号化するA/D変換部1と制御回路3とが設けられている。制御回路には、センサー体型デバイスSDを作動させるうえで必要となる種々の機能を集約させており、少なくとも、デジタル化した状態量にIDを付与して検査情報となす機能と、移動体Mとの非接触の通信機能を有している。この通信機能は、前記検査情報を移動体Mに転送するとともに、他方、移動体M側からはタイミングクロック信号と操作指令を受け取るという内容を有している。そして更に大きな特徴は、前記転送のための電力を、移動体側から照射される電磁波から得る機能を有していることである。この電力確保は、移動体から送られてくるタイミングクロック信号および操作指令が乗った電磁波をデータ送受信用コイル4にて受信し、移動体M側のデータ送受信用コイル9との磁気結合によって当該コイル4に誘起される電流を整流することで得ている。電力源となる電磁波の強度は、センサー体型デバイスSDと移動体Mとの距離を考慮して設定される。データ送受信用コイル4としては基板上にパターンを描いて作られるシートコイルを用いることが好ましい。シートコイルであればコイルの薄型化が可能になるとともに同一基板上に制御回路と一緒に作り込むことができ、量産性を高めることができる。センサー体型デバイスSDは大量に埋設する必要があることから、量産性に優れ低コストであることは極めて重要な要素である。

【0028】データの転送速度やデータの転送距離は検査環境に応じて適宜設定すればよいが、本発明者が確認したところによると、移動体Mとして時速15キロメートル(秒速4.2メートル)で走行するデータ収集車では、データ転送距離を2m程度にすれば500ビット程度の情報転送が可能になることを確認している。一方、移動体側に組み込まれる制御回路10には、センサー体型デバイスSDに電力を供給する機能、センサー体型デバイスSDにタイミングクロック信号および操作指令を与える機能、センサー体型デバイスSDから検査情報を受け取る機能を備えている。またこのシステムにはマップデータベースが備えられている。このマップデータベースとは図示するように機能センサのID番号(ID:0001~)とその埋設位置 $g(1, 1) \sim g(m, n)$ との関係を示すマップ情報Gを記録したものであり、移動体Mに収集された検査情報に基づいて検査対象領域における状態量の分布を再現するためのものである。ここではマップデータベースは移動体Mの外部に設けられ、移動体MからマップデータベースDBにアクセスするようにしているが、マップデータベースDBは移動体Mに内蔵させたり、あるいは別途設けた解析装置に内蔵されるようにしてもよい。解析装置は専用の装置であってもよいし、パソコン等の汎用機器であってもよい。

【0029】このような検査システムは、例えば次のようにして用いられる。ここではトンネルを検査対象とした場合について述べる。まず土木・建設構造物Bとしてのトンネルには図12に示すようにセンサー体型デバイスSDが縦横に埋設されている。この埋設はトンネル建設時に行っておく。このようなトンネルの中を移動体Mとしての車両を通過させ、移動させながらデータを収集する。データの収集は、まず移動体M側から電力及びタイミングクロック信号並びに操作指令を送り、センサー体型デバイスSDがこれに反応して返信するデータを取得することで行う。デバイスSDからのデータの返信のタイミングは、車両が近づくことによって車両から照射される電磁波の強度が高まり、この電磁波によってシートコイルに誘起される電流が一定以上になったことで自動的にそのデバイスSDを活動状態にすることによって行うことが考えられる。そして活動状態になったデバイスSDは、そのデバイスSDに一体化されたセンサSが出力するアナログ状態量をデジタル信号化し、これにそのセンサ固有のID番号を付与して作製される検査情報を、シートコイルから送信される電磁波に乗せて非接触で移動体Mに転送する。デバイス内での種々の処理の駆動源は全て車両側から供給される。デバイス側から転送された検査情報は車両側に受け取られて、当該車両内あるいは車両外において処理される。図では車両に収集した検査情報をICカードやフロッピーディスク、更にはリムーバブルハードディスクなどの記録媒体を伝達手段として解析手段ANであるパソコンに伝達して解析する場合を示している。パソコンのハードディスク上には前記ID番号とセンサ配置位置との関係を示すマップデータが格納されており、このマップデータを参照してトンネル各部の状況を解析し、亀裂CRの発見や亀裂発生の予兆等を検出するものである。例えばこの解析結果は、パソコンのディスプレイ上にマップを映し出し、亀裂発生ポイントにマーク等を付す等して、検査対象領域の状態が一目瞭然となるようにすることが好ましい。また、ここでは車両外部のパソコンで解析することとしたが、パソコンやその他、専用の解析装置を車両に搭載してデータ収集がなされると同時に即時解析してもよい。

【0030】以上述べた例は、土木・建設構造物の現在の状態を解析するものであったが、土木・建設構造物各部が過去どのような状態にあったかの履歴情報を解析することも重要である。この場合、センサー体型デバイスSD内部には、外部電力の供給を受けることなくセンサを稼働させる機構や、センサが検出した状態量を外部電力の供給を受けることなく記録する機構が必要になる。図13は、このような動作態様を実現するセンサー体型デバイスSDの概略構成を示している。この構成においては、前記図11で示した構成に加えて省電力型検出回路5、極大値検出回路6、不揮発メモリ7及び電池8を設けている。



(7) 開2002-39810 (P2002-398JL)

【0031】省電力型検出回路5は、外部電源の供給を受けることなくセンサSを稼働させるためのインターフェイスである。この回路は常時微弱な電力で平衡を保つようにし、値の変化を検知したときにのみ信号を検出して制御回路3に送り、CPUを起動するように設計されている。そしてセンサー出力値の経年変化をも考慮し、無変化時に過大な電流が流れないように常に自動調整されるようにしている。更に状態量変化全てを記録するのではなく状態量のピーク値のみを記録させるために極大値検出回路6を設けている。そしてこの極大値検出回路6によって検出されたピーク値を、その発生日時の情報と共に不揮発メモリ7に記録している。不揮発メモリとしてはフラッシュメモリなどが対象となる。これら各回路に対しての電力供給は内部電源である電池8から行われる。電池8としては長期間電力供給を持続できるものが対象となり、リチウム電池などが候補として挙げられる。尚、移動体から電磁波の照射を受けた時に、この電磁波を電力源として充電できる充電電池を用いることや、前記電磁波によって生じる電力を蓄電するコンデンサ（図示せず）を設けて、これを補完電源として用いることも考えられる。このようなセンサー一体型デバイスSDは、外部からの電源供給を受けない状態でもセンサSの出力を記録し続けることができ、移動体Mからアクセスされたときに、その時点での状態量とともに過去の履歴情報の中の重要情報（ピーク値）のみが受け渡されることになる。

【0032】以上述べたのは、センサー一体型デバイスを用いる場合であったが、センサー一体型デバイスにおいて適用した技術、即ち、省電力型検出回路5、極大値検出回路6、不揮発メモリ7及び電池搭載技術などは、センサー一体型デバイスSDを用いない場合にも適用できる。図14はこの場合の構成を示し、検査対象領域に埋設した複数のセンサSの出力信号を配線によって集合送信デバイスDに集合させる方式への適用を表している。この例では、センサSの出力は土木・建設構造物表面あるいは内部に這わした配線によって集合送信デバイスDにまで導かれ、センサSの中でも集合送信デバイスDまでの距離が遠いセンサは信号増幅用のアダプタAを介在させて集合送信デバイスDにまで導くようにしている。そして集合送信デバイスDから移動体Mに電磁波を介してデータを転送し、移動体Mに集められたデータを、無線、有線、あるいはICカード、フロッピーディスク、リムーバブルハードディスクなどの脱着可能な記録媒体などに代表される伝達手段を用いて解析装置ANとしてのパソコンにデータを集約したうえで解析することになる。集合送信デバイスDは、例えば図12として示すように、堅牢な筐体内に図13で開示した各回路に相当する機能を担うICチップ20、21を設け、且つ筐体に対して脱着可能な電池22を設けて、電池が消耗したときには電池交換ができるように構成している。このような集合

送信デバイスDは土木・建設構造物表面における移動体Mとの交信可能な位置に取り付けられ、図16に示すように、データ収集車から照射される電磁波を電力源としてデータ収集車にデータを転送したり、あるいは図17に示すように、検査員が携帯する携帯端末機から照射される電磁波を電力源として携帯端末機にデータを転送したりする。集合送信デバイスDには時間管理機能をもたせることも好ましく、フラッシュメモリに記録される履歴情報としての計測データに時間データを加えたり、あるいは測定スケジュールに基づきセンサやCPUの稼働を制御するようにしてもよい。

【0033】以上述べた本発明の土木・建設構造物の検査システムは、さまざまな土木・建設構造物を対象とすることができ、図18(a)に示すようにトンネルや、図18(b)に示すような橋梁、更には図18(c)に示すようなビルなどの一般建築物などコンクリート構造物に幅広く適用できる他、コンクリート構造物以外のものに対しても適用できる可能性を持っている。また、更なる応用としてコンクリート打設後の養生過程における温度変化の検出などへの適用も期待される。

【0034】

【発明の効果】請求項1記載の検査方法によれば、土木・建設構造物各部の状態を非破壊且つ非接触で検査することができるので、検査に際して足場を組んだり交通規制するなどの必要がなく、事前作業を行うことなく必要に応じていつでも検査をすることができる。しかも得られる検査情報はIDを伴っているため、検査情報が得られた各部を正確に特定することができ、検査対象領域全域にわたる各部の状態をその位置関係とともに正確に知ることができる。移動体側から電磁波を照射することでセンサ出力を処理する回路に電力を供給しているため、検査情報送信側設備への電池搭載の必要をなくしたり、あるいは電池の交換を全く不要又は長期間不要にすることができ、メンテナンス性にも極めて優れている。

【0035】また請求項2のように複数の機能センサ群からの出力を土木・建設構造物特定箇所に集合させ、集合送信デバイスを通じて検査情報を移動体に送るシステム構成を採用した場合、土木・建設構造物の検査箇所に埋め込むものは小さなセンサだけとなるので、埋め込みが容易となる。また集合送信デバイスは土木・建設構造物に埋め込む必要はないから、集合送信デバイスに対してのメンテナンスは簡単となり、またその大きさにも制約がないことから多様な処理回路を搭載させて検査システムの高機能化をはかることができる。

【0036】請求項3記載のように機能センサと送信機能を含む回路群等を一体化したセンサー一体型デバイスを用いて、このセンサー一体型デバイスそれぞれと移動体との間で情報授受を直接行うようにした場合には、請求項2記載の発明のようにセンサから配線を導出する必要をなくすることができる。そしてセンサー一体型デバイスが必



(8) 開2002-39810(P2002-398JL)

要とする電力のすべてを移動体側から照射する電磁波によって与えることにより、検査情報送信側設備をフリーメンテナンスにすることができる。

【0037】請求項4記載のように、リング状となしたセンサー体型デバイスを、その穴部に土木・建設構造物の構成素材を貫通させた状態で構造物に埋設するようになり、請求項5記載のように、センサー体型デバイスの外形状及び表面性状を土木・建設構造物の構成素材に対して異物として機能しないように工夫した場合、センサー体型デバイスは構成素材に馴染み、当該デバイスの存在が新たな亀裂発生原因となることを完全に防ぐことができる。

【0038】請求項6記載のように、移動体または解析手段に機能センサの埋設位置とIDとの関係を示すマップ情報を保有させた場合、得られた検査情報が検査対象領域におけるどの位置での情報であるかを正確に特定することができ、検査対象領域全域にわたる状態量の分布を知ることができる。

【0039】請求項7記載のように、集合送信デバイスに機能センサの出力信号を常時監視して状態変化のピーク値の履歴情報を記録する手段を設けたり、請求項8記載のように同手段をセンサー体型デバイスに設けた場合、検査時の状態に加えて過去の状態も把握することができる。

【0040】請求項9記載のように、土木・建設構造物がトンネルであり、データ収集装置がこのトンネル内を走行する車両に搭載される場合、従来、足場を組むなどの多大の手間を要していた検査作業を簡単に済ませることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の基本的な考え方を示す説明図

【図2】 センサの検出信号を示し、(a)はアナログ信号、(b)は多値化されたデジタル信号、(c)は二値化されたデジタル信号

【図3】 炭素繊維を束ねて構成されるセンサの説明図

【図4】 図3で示したセンサにおいて炭素繊維が破断した状態を示す説明図

【図5】 センサの埋設場所としてのトンネルを示す説明図

【図6】 複数センサからの出力を集合送信デバイスに集合させて処理する方法の概念を示す説明図

【図7】 (a)はセンサー体型デバイスの一例を示す外觀説明図、(b)は同デバイスの内部構造を示す説明図

【図8】 土木・建設構造物構成素材に埋設状態となったセンサー体型デバイスを示す説明図

【図9】 複数個のセンサー体型デバイス間を移動体が

移動しながら情報授受を行う様子を示す説明図

【図10】 (a)(b)(c)はセンサー体型デバイスの他の形状を示す説明図

【図11】 センサー体型デバイスを用いた場合の本システムの構成を示す説明図

【図12】 本システムをトンネルの検査に適用した例を示す説明図

【図13】 履歴情報の記録手段を設けたセンサー体型デバイスの構成を示す説明図

【図14】 複数センサからの出力を集合送信デバイスに集合させて処理する実施例を示す説明図

【図15】 同実施例に用いられる集合送信デバイスの具体例を示す説明図

【図16】 集合送信デバイスとの情報授受を車両との間で行う例を示す説明図

【図17】 集合送信デバイスとの情報授受を携帯端末との間で行う例を示す説明図

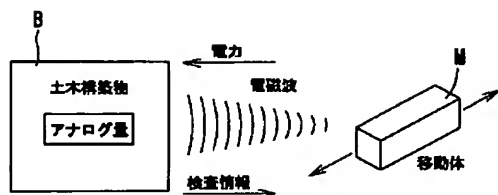
【図18】 本発明の適用対象となる土木・建設構造物の例を示し、(a)はトンネル、(b)は橋梁、(c)はビルを示す。

【符号の説明】

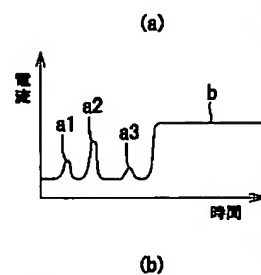
- A アダプタ
- AN 解析手段
- B 土木・建設構造物
- M 移動体
- S 機能センサ
- SD センサー体型デバイス
- L 配線
- D 集合送信デバイス
- C 送受信用コイル
- P 信号処理部
- ST 碎石
- CR 亀裂
- H 穴部
- DB マップデータベース
- G マップ情報
- 1 A/D変換部
- 3 制御回路
- 4 データ送受信用コイル
- 5 省電力型検出回路
- 6 極大値検出回路
- 7 不揮発メモリ
- 9 データ送受信用コイル
- 11 炭素繊維
- 20 ICチップ
- 21 ICチップ
- 22 電池

(9) 開2002-39810 (P2002-398JL

【図1】

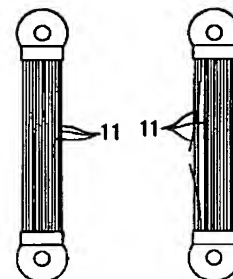


【図2】

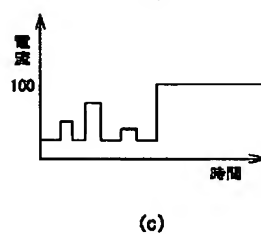
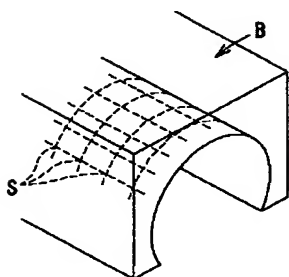


【図3】

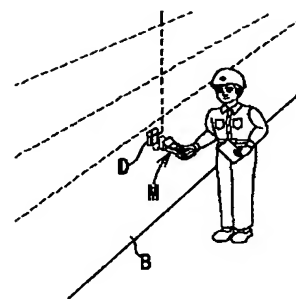
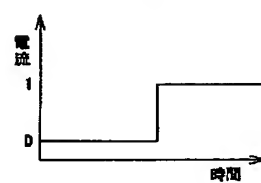
【図4】



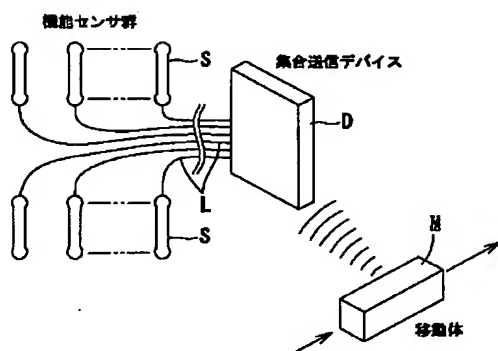
【図5】



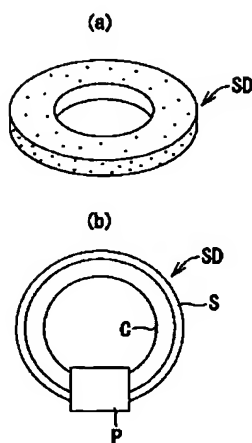
【図17】



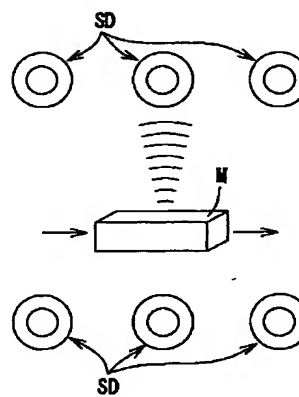
【図6】



【図7】



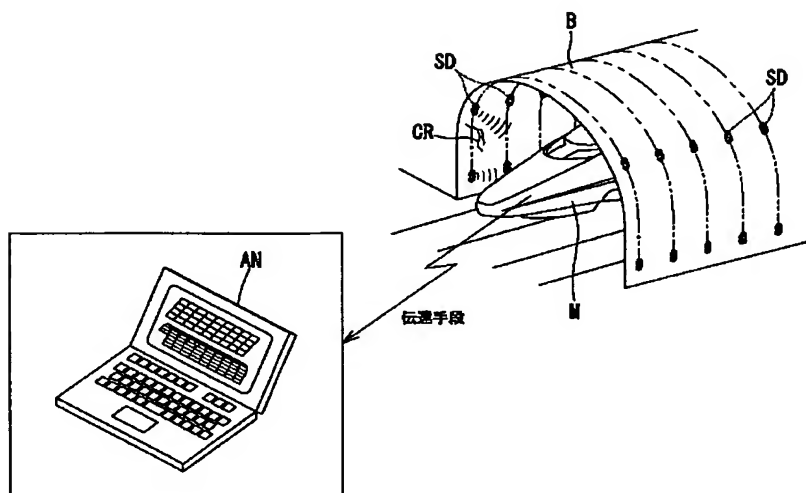
【図9】



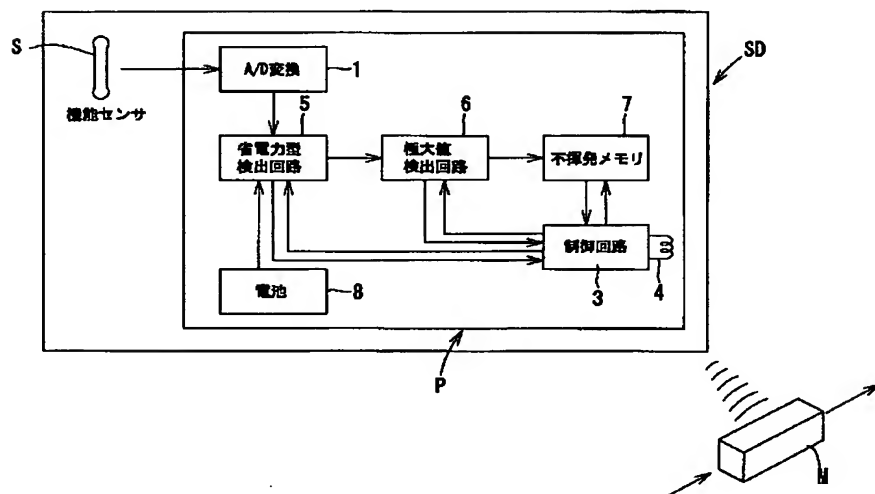


(11) 2002-39810 (P2002-398JL)

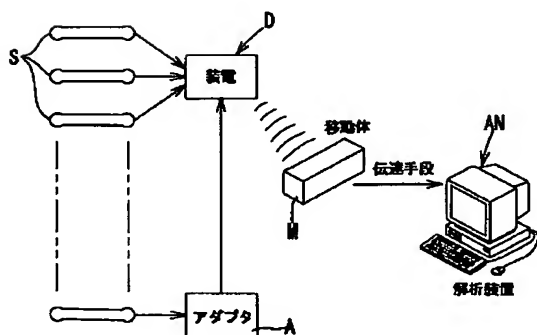
【図12】



【図13】

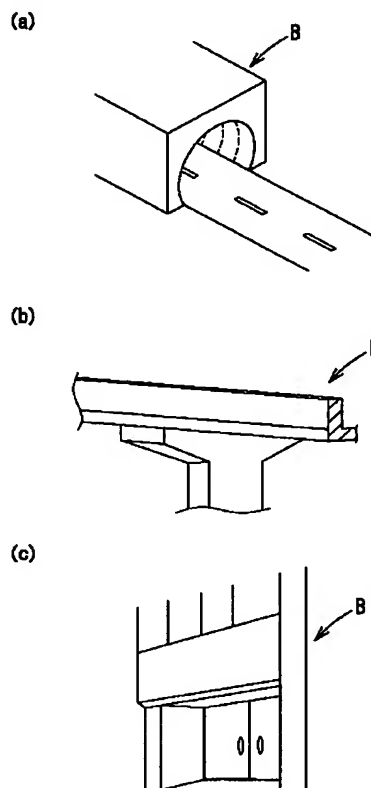


【図14】



(12) 頁2002-39810 (P2002-398JL)

【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 杉田 稔  
千葉県千葉市中央区千葉寺町137-1  
(72)発明者 白石 理人  
千葉縣市川市新田2丁目32番8号215室

Fターム(参考) 2F076 BB09 BC00 BD07 BD10 BD11  
BD13 BD15 BD16 BD17 BE04  
BE05 BE09 BE18 BE19  
2G060 AA08 AE01 AF20 EA06 EA08